

# Tentamen Kunstmatige intelligentie

## Universiteit Leiden — Informatica

### Maandag 17 juni 2019, 10:00–13:00 uur

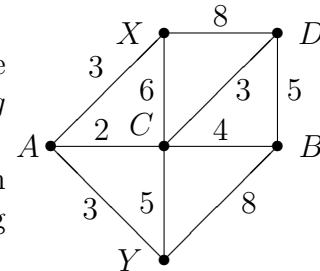


Geef korte, duidelijke toelichting. Veel succes!

#### Opgave 1: $A^*/IDA^*$ (20 punten)

a. (6 punten) Leg het  $A^*$ -*algoritme* en het  $IDA^*$ -*algoritme* uit. Geef de verschillen duidelijk aan. Geef expliciet de formule voor  $f$  (wat stellen  $g$  en  $h$  voor?) en denk aan de stop-conditie.

b. (7 punten) We bekijken nevenstaande *ongerichte* graaf, waarin we in een *oneven* aantal stappen van  $A$  naar  $D$  willen reizen. Als we onderweg in  $X$  en/of  $Y$  zijn geweest, vervalt de eis op het aantal stappen.



Een toestand bestaat uit onze positie, of we in  $X$  en/of  $Y$  zijn geweest, en of we een even of oneven aantal stappen hebben gezet. Als admissibele heuristiek  $h$  nemen we in alle toestanden buiten  $C$  (behalve in eindtoestanden, daar is  $h$  gelijk aan 0) de waarde 5; in de vier toestanden met  $C$  is  $h$  gelijk aan 3. Voer nu het  $A^*$ -*algoritme* uit. Geef duidelijk aan hoe het algoritme verloopt, en in welke volgorde knopen ontwikkeld worden. Indien er keuzes mogelijk zijn, geef ze dan alle (inclusief alle kortste paden — dat zijn er vijf, zoals  $A-X-A-C-D$ )!

c. (4 punten) Deze heuristiek  $h$  is *consistent*. Verander de waarde van één handige zelfgekozen afstand tussen twee burens in de graaf, zodanig dat de heuristiek niet meer consistent is, maar wel admissibel blijft. Leg uit; en hoe zou je dit wellicht aan de hand van het (nieuwe) gedrag van het  $A^*$ -*algoritme* kunnen zien?

d. (3 punten) Nu gebruiken we het  $IDA^*$ -*algoritme*, voor de oorspronkelijke heuristiek  $h$ , in het gunstigste geval. Het stopt als er een kortste pad gevonden is. Laat zien hoe dat verloopt.

#### Opgave 2: $\alpha$ - $\beta$ -*algoritme* (25 punten) Bekijk het volgende tweepersoons spel, gespeeld door

Angela en Boris. De beginstand bestaat uit drie mogelijke posities (zie onder); random wordt één van deze geselecteerd (in het voorbeeld de linker). Dan verwijdert Angela een *even* getal naar keuze, en schuift Boris (horizontaal of verticaal) een naburig getal naar de lege plek. De uitkomst is het getal dat twee directe burens heeft. Angela wil dit graag zo hoog, Boris zo laag mogelijk hebben. Een voorbeeldspel:

Begin	3 7		1 2		7 8	Dobbel	3 7	Angela	3 7	Boris	3 7	Uitslag
stand	6 2		3 6		9 9		6 2	kiest 6	- 2	schuift 2	2 -	3

a. (6 punten) Beschrijf in woorden het *expecti-minimax-algoritme*. Wat doet het algoritme in max-knopen, min-knopen, kansknopen, bladeren (twee soorten), ...?

b. (7 punten) Maak de spelboom en bereken de expecti-minimax-waarde. Hint: deze boom heeft 10 bladeren.

c. (2 punten) Bereken de minimax-waarde voor de versie waarbij Boris zelf uit de drie beginposities mag kiezen, in plaats van dat er gedubbeld wordt.

d. (4 punten) Angela mag nu ook een *oneven* getal kiezen. Meer opties zijn in principe altijd fijn. Vindt zij dit aantrekkelijk, respectievelijk voor de situatie van **b** en voor de situatie van **c**, en waarom (niet)?

e. (6 punten) Voer het  $\alpha$ - $\beta$ -*algoritme* uit voor de situatie van c. Geef ook een duidelijke rechtvaardiging voor het snoeien. Zorg ervoor dat de ordening van de knopen zo is dat er zoveel mogelijk gesnoeid kan worden! Hint: kun je al snoeien in de subboom waarin Boris de middelste beginpositie kiest?

**Opgave 3: ID3 & Neurale netwerken** (20 punten)

We willen weten of een frisdrank lekker is, op grond van consumpties uit het verleden met informatie over temp(eratuur), kl(eur) en geur.

	temp	kl	geur	lekker
1	H	+	+	-
2	H	-	+	+
3	L	-	-	-
4	H	±	-	-
5	L	+	+	+

a. (6 punten) Leg het ID3-*algoritme* uit. Onderscheid hierbij vier gevallen voor de knopen: geen voorbeelden meer (wat gebeurt er dan?), ...

Geef benodigde formules, zoals die voor entropie  $H(p, n)$  bij  $p$  positieve en  $n$  negatieve gevallen; en die voor entropie na afloop van het splitsen op een attribuut met  $\nu$  waardes.

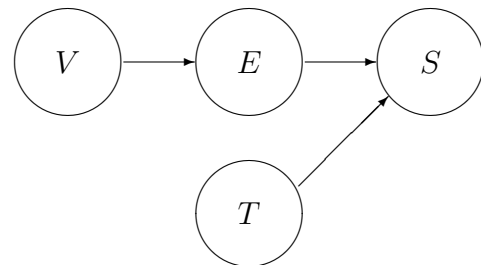
b. (7 punten) Voer het ID3-*algoritme* uit voor bovenstaande database. Gebruik hierbij dat geldt  $-\frac{2}{3} \log_2 \frac{2}{3} - \frac{1}{3} \log_2 \frac{1}{3} \approx 0.9$ .

c. (4 punten) Is er een boom met een kleinere hoogte denkbaar, die even goed is als die van b? Leg uit.

d. (3 punten) Laat de kolom kl weg, evenals voorbeeld 2. Waarom kan een perceptron het resterende classificatie-probleem leren? Vervang één '-' door een '+' in de kolom lekker zodanig dat dit niet meer lukt. Leg uit.

**Opgave 4: Bayesiaanse netwerken** (20 punten)

We hebben een *Bayesiaans netwerk* met vier knopen, bedoeld voor een voetballer:  $V$  (voeding),  $E$  (energie),  $T$  (trainer) en  $S$  (scoren), zie hiernaast.



a. (3 punten) Hoeveel en welke kansen moeten hierbij gegeven zijn?

b. (3 punten) Geef een voorbeeld van een voorwaardelijke onafhankelijkheid die er uit ziet als  $P(S|\dots) = \dots$

c. (5 punten) Neem bij dit onderdeel aan dat alle in a genoemde kansen 0.5 zijn. Je mag twee kansen veranderen zodat  $S$  een *Noisy-OR* knoop wordt. Geef aan welke je zou kiezen en hoe je ze wijzigt. Welke mogelijkheden zijn er?

d. (4 punten) Geef de vier soorten queries, en van elk een voorbeeld uit het netwerk. Eén van de voorbeelden moet de query van e zijn.

e. (5 punten) Druk de kans dat de trainer goed is, gegeven dat je scoort maar dat de voeding slecht is, uit in "bekende" kansen. Gebruik hier de vertrouwde notatie: kleine letters staan voor het waar (of goed) zijn van de variabele met de bijbehorende hoofdletter.

**Opgave 5: Theorie (diversen)** (15 punten)

a. (5 punten) Iemand beweert dat de omgeving voor het spelen van het spel Dammen *statisch* is. Geef een argument voor en een argument tegen deze bewering.

b. (5 punten) Wat is, bij *Genetische algoritmen*, het verschil tussen *generationeel* en *steady state*? Leg beide begrippen ook kort uit.

c. (5 punten) Een neuraal netwerk maakt gebruik van een activatiefunctie, zoals  $\sigma(x) = 1/(1+e^{-x})$  of  $Relu(x) = \max(0, x)$ . Noem twee redenen waarom  $\sigma$  beter zou kunnen zijn dan  $Relu$ .